Le pomelo

Bac 2021 Métropole Juin Sujet 1 · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 55 min**

1.1 Déterminer graphiquement la valeur du pH du jus de pomelo frais et filtré. Commenter.

Le pH du jus seul se lit sur la figure 1 pour un volume versé $V = 0$ mL, avant tout ajout de solution titrante.

$\text{pH} \approx 2{,}9$: valeur nettement inférieure à 7, le jus de pomelo est une solution **acide**, ce qui est cohérent avec les acides qu'il contient.

PIÈGE
« Commenter » fait partie de la question : la valeur seule ne rapporte pas tous les points. Il faut la comparer à 7 et la relier aux acides du jus.

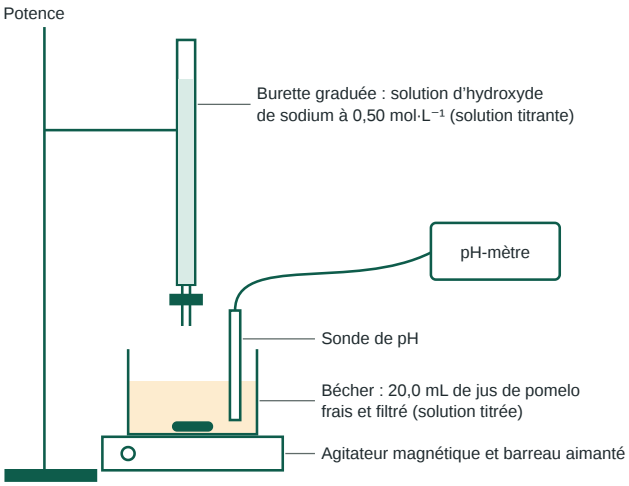
1.2 Schématiser et légender le montage permettant de réaliser ce titrage.

Le schéma doit faire apparaître, avec leurs légendes :

- la burette graduée contenant la solution titrante : hydroxyde de sodium $(\text{Na}^+(\text{aq}); \text{HO}^-(\text{aq}))$ à $0{,}50\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- le bécher contenant la solution titrée : 20,0 mL de jus de pomelo frais et filtré ;
- la sonde de pH plongée dans le jus et reliée au pH-mètre ;
- l'agitateur magnétique et son barreau aimanté.

Montage de titrage pH-métrique : voir le schéma légendé.

MÉTHODE
Pour tout schéma de titrage, quatre légendes sont attendues : verrerie, nom et concentration de la solution titrante, nom et volume de la solution titrée, dispositif de suivi (ici le pH-mètre) avec l'agitation.



1.2 · Montage du titrage pH-métrique du jus de pomelo

1.3.1 Choisir, parmi les indicateurs colorés proposés, celui qui convient pour réaliser le titrage suivi par colorimétrie de l'acidité du jus de pomelo. Justifier.

Données utiles zones de virage : bleu de bromothymol $6{,}0 - 7{,}6$; hélianthine $3{,}1 - 4{,}4$; rouge de crésol $7{,}2 - 8{,}8$

Un indicateur coloré convient si sa zone de virage contient le pH à l'équivalence.

Sur la figure 1, le saut de pH s'étend d'environ 6,5 à 10 et son milieu donne $\text{pH}_E \approx 8{,}3$.

Cette valeur appartient à l'intervalle $7{,}2 - 8{,}8$ et à aucun des deux autres.

L'indicateur adapté est le **rouge de crésol**.

PIÈGE
Le bleu de bromothymol ne convient pas ici : sa zone de virage s'achève à 7,6, il changerait de teinte un peu avant l'équivalence. Le choix se justifie toujours avec le pH_E lu sur la courbe.

1.3.2 Préciser le changement de couleur qui peut être observé lors du titrage.

Avant l'équivalence, le milieu est acide ($\mathrm{pH} < 7{,}2$) : le rouge de crésol est sous sa forme acide, jaune. Après l'équivalence, $\mathrm{pH} > 8{,}8$: il est sous sa forme basique, rouge.

À l'équivalence, la solution passe du **jaune au rouge**.

COMPRENDRE
Le pH augmente au cours du titrage puisque l'on verse une base : on va toujours de la couleur de la forme acide vers celle de la forme basique.

1.4 En exploitant la courbe du titrage (figure 1), déterminer l'acidité titrable du jus de pomelo. Commenter.

Données utiles $c_B = 0{,}50\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$; $V_A = 20{,}0\ \mathrm{mL}$; $M(\mathrm{C_6H_8O_7}) = 192{,}0\ \mathrm{g\cdot mol^{-1}}$; $\mathrm{H_3A\,(aq) + 3\,HO^-\,(aq) \longrightarrow A^{3-}\,(aq) + 3\,H_2O\,(l)}$

Par la méthode des tangentes parallèles, on lit le volume à l'équivalence : $V_E \approx 10{,}1$ mL.

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques :

$$n(\mathrm{H_3A})_{\text{initial}} = \frac{n(\mathrm{HO^-})_{\text{versé}}}{3} \quad \text{soit} \quad c_A\,V_A = \frac{c_B\,V_E}{3}$$

$$c_A = \frac{c_B\,V_E}{3\,V_A} = \frac{0{,}50 \times 10{,}1}{3 \times 20{,}0} = 8{,}4 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$$

L'acidité titrable est la concentration en masse d'acide citrique :

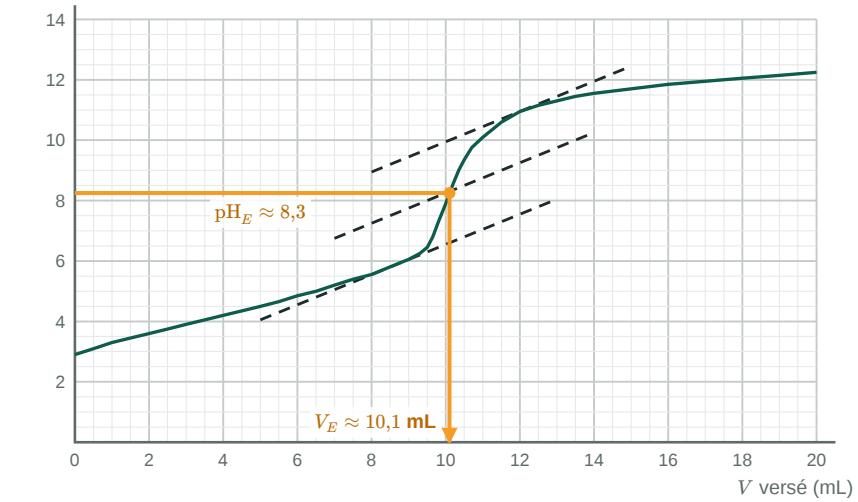
$$c_m = c_A \times M(\mathrm{C_6H_8O_7}) = 8{,}4 \times 10^{-2} \times 192{,}0 = 16\ \mathrm{g\cdot L^{-1}}$$

Acidité titrable : $c_m \approx 16\ \mathrm{g\cdot L^{-1}}$, valeur de l'ordre de la dizaine de grammes par litre, conforme à ce qu'annonce l'énoncé.

PIÈGE
Oublier le coefficient 3 : l'acide citrique est un triacide, il faut trois ions $\mathrm{HO^-}$ par molécule. Sans la division par 3, on trouve une acidité trois fois trop grande.

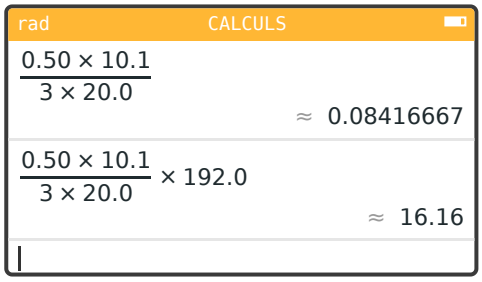
COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $c_B = 0{,}50\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$. Une lecture de V_E entre 10,0 et 10,4 mL donne de 16 à 17 $\mathrm{g\cdot L^{-1}}$: ces valeurs sont acceptées.

MÉTHODE
Dans le rapport V_E/V_A, les deux volumes peuvent rester en mL. Garder la valeur non arrondie de c_A dans la calculatrice pour calculer c_m.



1.4 · Figure 1 du sujet : méthode des tangentes parallèles et lecture de l'équivalence

À LA CALCULATRICE



2.1 Déterminer la concentration en quantité de matière en diiode restant dans le mélange final F, puis en déduire la quantité de diiode qui a réagi avec l'acide ascorbique du jus.

Données utiles $A = 0{,}11$; $V_F = 10{,}0$ mL ; solution de diiode : $c_0 = 8{,}0 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $V_0 = 5{,}0$ mL

Sur la droite d'étalonnage de la figure 2, l'absorbance $A = 0{,}11$ correspond à :

$$[\text{I}_2]_{\text{restant}} \approx 1{,}15\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1} = 1{,}15 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Quantité de diiode introduite : $n_0 = c_0\, V_0 = 8{,}0 \times 10^{-3} \times 5{,}0 \times 10^{-3} = 4{,}0 \times 10^{-5}$ mol.

Quantité de diiode restante dans F : $n_{\text{restant}} = [\text{I}_2]_{\text{restant}} \times V_F = 1{,}15 \times 10^{-3} \times 10{,}0 \times 10^{-3} = 1{,}15 \times 10^{-5}$ mol.

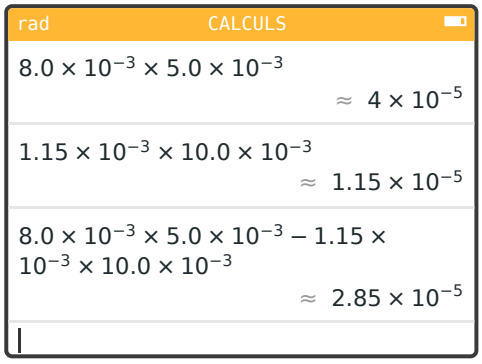
Quantité de diiode ayant réagi :

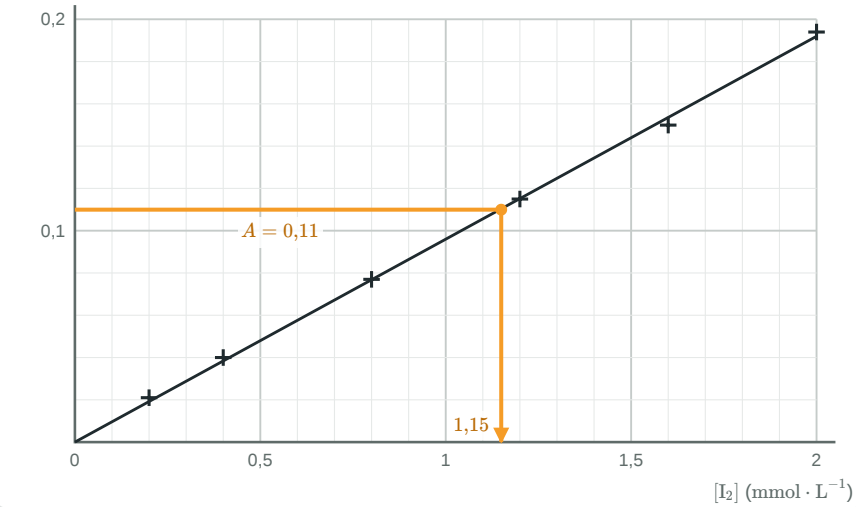
$$n_{\text{réagi}} = n_0 - n_{\text{restant}} = 4{,}0 \times 10^{-5} - 1{,}15 \times 10^{-5} = 2{,}85 \times 10^{-5}\ \text{mol}$$

$[\text{I}_2]_{\text{restant}} \approx 1{,}15 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $n_{\text{réagi}} \approx 2{,}9 \times 10^{-5}$ mol

PIÈGE
Deux volumes différents : le diiode introduit se calcule avec les 5,0 mL de solution de diiode, le diiode restant avec les 10,0 mL du mélange F. L'axe de la figure 2 est gradué en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

À LA CALCULATRICE





2.1 · Figure 2 du sujet : lecture de la concentration pour $A = 0{,}11$

2.2 Montrer que la concentration en acide ascorbique du jus frais de pomelo est environ égale à $6 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Données utiles $n_{\text{réagi}} = 2{,}85 \times 10^{-5}$ mol (2.1) ; $V_{\text{jus}} = 5{,}0$ mL

Le diiode est en excès et la transformation est totale : l'acide ascorbique, réactif limitant, est entièrement consommé.

D'après l'équation, une mole d'acide ascorbique réagit avec une mole de diiode :

$$n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6)_{\text{initial}} = n_{\text{réagi}} = 2{,}85 \times 10^{-5}\ \text{mol}$$

Cette quantité était contenue dans les 5,0 mL de jus :

$$c = \frac{n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6)_{\text{initial}}}{V_{\text{jus}}} = \frac{2{,}85 \times 10^{-5}}{5{,}0 \times 10^{-3}} = 5{,}7 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$c = 5{,}7 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx 6 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$: c'est bien la valeur attendue.

PIÈGE
Diviser par 10,0 mL : on obtiendrait la concentration dans le mélange F. La question porte sur le jus frais, dont on a prélevé 5,0 mL.

COMPRENDRE
C'est un dosage indirect : on ne mesure pas l'acide ascorbique, mais le diiode qu'il n'a pas consommé. Il faut donc que le diiode soit en excès, ce que confirme $A \neq 0$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{2.85 \times 10^{-5}}{5.0 \times 10^{-3}} \approx 0.0057$$

2.3 Calculer le volume de jus de pomelo nécessaire pour couvrir totalement les besoins journaliers en acide ascorbique d'un adulte. Commenter.

Données utiles besoin journalier : $m = 100$ mg ; $M(C_6H_8O_6) = 176{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $c = 5{,}7 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (2.2)

La masse d'acide ascorbique contenue dans un volume V de jus est $m = c \times V \times M(C_6H_8O_6)$, d'où :

$$V = \frac{m}{c \times M(C_6H_8O_6)} = \frac{0{,}100}{5{,}7 \times 10^{-3} \times 176{,}0} = 0{,}10\ \text{L}$$

$V \approx 0{,}10\ \text{L} = 100$ mL : un petit verre de jus de pomelo suffit à couvrir les besoins journaliers en vitamine C d'un adulte.

PIÈGE

Laisser la masse en milligrammes : avec M en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, il faut écrire $m = 0{,}100$ g. Sans conversion, le volume trouvé est mille fois trop grand.

COMPRENDRE

Avec la valeur arrondie $6 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, on trouve environ 95 mL : la conclusion est la même.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{0.100}{5.7 \times 10^{-3} \times 176.0} \approx 0.09968102$$